



(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

## DE 100 53 714 A 1

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 62 D 5/04**  
B 62 D 6/00

(21) Aktenzeichen: 100 53 714.6  
(22) Anmeldetag: 28. 10. 2000  
(43) Offenlegungstag: 2. 5. 2002

(71) Anmelder:  
ZF Friedrichshafen AG, 88046 Friedrichshafen, DE

(72) Erfinder:  
Kaltenbach, Johannes, Dr., 88045 Friedrichshafen,  
DE; Bachmann, Volker, Dr., 88097 Eriskirch, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	199 08 832 A1
DE	199 02 557 A1
DE	199 02 556 A1
DE	198 42 627 A1
DE	198 34 868 A1
DE	299 15 559 U1
US	52 47 441 A
WO	99 58 390 A1

### Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- (54) Lenksystem  
 (57) In einem Lenksystem mit mindestens einem Lenkkaktuator und mindestens einem Lenkhandradaktuator, die über einen Regelkreis miteinander verbunden sind, wobei der Lenkhandradaktuator ein Lenkhandrad mit mindestens einem Elektromotor aufweist, wird der Elektromotor neben der Erzeugung eines Lenkgefühls zur Darstellung eines Lenkanschlages verwendet.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Lenksystem nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

[0002] Lenksysteme, die nach dem steer-by-wire-Prinzip arbeiten, unterscheiden sich von konventionellen Lenksystemen dadurch, daß keine mechanische Verbindung zwischen dem Lenkhandrad und dem gelenkten Rad besteht. Durch die Auf trennung des Lenksystems fällt das von den konventionellen Lenksystemen über die Lenksäule an das Lenkhandrad gelieferte Drehmoment weg. Das bisher von der Fahrbahn, den Reifen, dem Fahrwerk und dem Übertragungsverhalten des Lenksystems bestimmte Lenkgefühl wird ersatzweise durch einen Lenkradaktuator erzeugt. Die durch einen oder mehrere Kraft-/Drehmomentsensoren erfaßten Kräfte oder Drehmomente im Lenkgestänge der gelenkten Räder werden an eine zentrale Steuereinheit weitergeleitet. Über einen Lenkradaktuator wird dem Fahrer in Abhängigkeit des jeweiligen Betriebszustandes eine Rückwirkung weitergegeben, die ähnlich den bei einem konventionellen Lenksystem auftretenden Kräften und Drehmomenten ist.

[0003] Im Fahr betrieb liefern Kraft-/Drehmomentsensoren im Lenkgestänge der gelenkten Räder Kraftsignale, die proportional zu den an den gelenkten Rädern auftretenden Lenkkräften sind. Die auftretenden Kräfte/Drehmomente werden erfaßt, von einer Steuereinheit ausgewertet und an den Lenk handradaktuator zur Drehmomenterzeugung am Lenkhandrad weitergeleitet. Die Ansteuerung des Lenk handradaktuators erfolgt derart, daß der vom Fahrer wahrgenommene Drehwiderstand bzw. Drehmomentverlauf demjenigen entspricht, der von einem konventionellen Lenksystem bei gleicher Kraft-/Drehmomenteinwirkung im Lenkgestänge hervorgerufen worden wäre. Dazu weist der Lenk handradaktuator mindestens einen Elektromotor auf, der durch das Fehlen der mechanischen Verbindung zwischen dem Lenkhandrad und den gelenkten Rädern zur Erzeugung eines künstlichen Lenkgefühls verwendet wird. Dadurch ist, zumindest theoretisch, jede Lenkübersetzung zwischen Lenkhandrad und gelenkten Rädern darstellbar.

[0004] Aus dem Stand der Technik ist die DE 36 04 396 C2 bekannt, die ein elektrisches Servolenksystem beschreibt, bei dem beim Lenken in der Nähe des maximalen Lenkwinkels das durch einen Elektromotor erzeugte Hilfsdrehmoment reduziert wird, um eine Beschädigung des Elektromotors zu vermeiden. Dazu weist das Servolenksystem eine elektromagnetische Kupplungseinrichtung zur Übertragung des vom Elektromotor erzeugten Hilfsdrehmoments und ein Unterstellungsgetriebe zur Übertragung des vom Elektromotor erzeugten Hilfsdrehmoments auf die elektromagnetische Kupplungseinrichtung auf, um deren Drehzahl zu verringern.

[0005] Nachteilig ist hierbei, daß der Endanschlag mechanisch ausgebildet ist, so daß er sich nicht ohne weiteres auf geänderte Anforderungen einstellen läßt. Des weiteren benötigt dieser mechanische Endanschlag relativ viel Einbaumaum und ist durch die Vielzahl an Einzelteilen hinsichtlich Dauerfestigkeit und Zuverlässigkeit als kritisch einzustufen.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Lenksystem darzustellen, das ohne mechanischen Endanschlag auskommt und individuell an die Erfordernisse von verschiedenen Fahrern ohne großen Aufwand angepaßt werden kann.

[0007] Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird durch ein, auch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs aufweisendes, gattungsgemäßes Lenksystem gelöst.

[0008] Die Lösung der Aufgabe erfolgt insbesondere da-

durch, daß der mechanische Lenkanschlag durch einen von einem Elektromotor erzeugten, künstlichen Lenkanschlag ersetzt wird. Dadurch ist jede gewünschte Lenkübersetzung zwischen Lenkhandrad und gelenkten Rädern darstellbar.

5 Somit ist auch möglich, für jeden Fahrer individuelle Lenkübersetzungen einzustellen, wodurch sich eine unterschiedliche Anzahl von Lenkhandradumdrehungen vom Lenkanschlag der einen Seite zum Lenkanschlag der anderen Seite ergeben. Um diese individuellen Einstellmöglichkeiten nicht einzuschränken, wird auf einen mechanischen Lenkanschlag des Lenkhandrades verzichtet. Damit bleibt die Freiheit erhalten, für jeden Fahrer oder für jedes Fahrverhalten eine unterschiedliche Lenkübersetzung zu wählen. Um dem Fahrer das gleiche Gefühl wie bei einer konventionellen Lenkung zu vermitteln, wird zum Lenkanschlag hin das Drehmoment am Lenkhandrad so weit wie möglich abgesenkt. Der Lenkanschlag zeichnet sich durch einen steilen Anstieg des Drehmomentgradienten am Lenkhandrad aus. Das Drehmoment am Lenkhandrad muß innerhalb von maximal 10 Grad Verdrehwinkel am Lenkhandrad auf das volle Drehmoment des Elektromotors ansteigen. Entscheidend für die richtige Umsetzung des künstlich erzeugten Lenkanschlags ist ein maximaler Sprung des Drehmomentes des Lenkhandrades am Lenkanschlag sowie das Ansteigen des Drehmomentes am Lenkhandrad innerhalb von maximal 10 Grad Verdrehwinkel am Lenkhandrad auf das maximale Drehmoment des Elektromotors.

[0009] Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert.

30 [0010] Bei einem erfundungsgemäßen Lenksystem wird im steer-by-wire-Betrieb über einen Lenkwinkel am Lenkhandrad ein Soll-Radeinschlag vorgegeben und durch ein separates Stellglied am gelenkten Rad umgesetzt, so daß das Fahrzeug dem vom Fahrer vorgegebenen Lenkwunsch folgt und die gewünschte Fahrtrichtung einschlägt. Erreicht das Lenkhandrad den künstlich erzeugten Lenkanschlag, wird der Soll-Radeinschlag nicht weiter erhöht, selbst wenn das Lenkhandrad entgegen dem zunehmenden Widerstand des Elektromotors weitergedreht wird. Auf diese Weise wird verhindert, daß unzulässig große Radeinschlagswinkel entstehen.

## Patentansprüche

1. Lenksystem mit mindestens einem Lenkaktuator und mindestens einem Lenk handradaktuator, die über einen Regelkreis miteinander verbunden sind, wobei der Lenk handradaktuator ein Lenkhandrad und mindestens einen Elektromotor aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor neben der Erzeugung eines Lenkgefühls zur Darstellung eines Lenkanschlags verwendet wird.

2. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum Lenkanschlag hin das Drehmoment am Lenkhandrad so weit wie möglich abgesenkt wird.

3. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß am Lenkanschlag das Drehmoment am Lenkhandrad maximal ist und innerhalb von einem maximalen Lenkwinkel von 10 Grad am Lenkhandrad auf das maximale Drehmoment des Elektromotors ansteigt.

4. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkanschlag fahrer- und fahrzeugsabhängig eingestellt werden kann.

5. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkaktuator einen Elektromotor aufweist, der über einen Kugelumlaufmechanismus auf eine Schubstange wirkt.

# DE 100 53 714 A 1

3

4

6. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkaktuator mindestens einen Elektromotor aufweist, der über ein Antriebsritzel auf eine Zahnstange wirkt. 5
7. Lenksystem nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Elektromotor des Lenkradaktuators ein Asynchronmotor ist.
8. Lenksystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkaktuator ein Proportionalventil aufweist, das einen Arbeitskolben steuert. 10

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -